



# **Utvärdering av digital flygbildstolkning & automatisk beståndsindelning för det praktiska skogsbruket**

*Evaluation of digital air photo interpretation and automatic  
delineation of forest stands for use in the practical forestry*

**Samuel Johansson**

**Arbetsrapport 193 2007  
Examensarbete 30p D**

**Handledare:  
Mikael Egberth**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG--AR—193--SE



**Utvärdering av digital flygbildstolkning & automatisk  
beståndsindelning för det praktiska skogsbruket**

*Evaluation of digital air photo interpretation and automatic  
delineation of forest stands for use in the practical forestry*

**Samuel Johansson**

## SAMMANFATTNING

För att kunna planera olika skogsvårdsåtgärder behövs noggranna data. Insamlandet av data är dyrt varför man eftersträvar att sänka inventeringskostnaderna utan att påverka noggrannheten på data. Holmen Skog har i sin strävan att sänka kostnaderna bestämt sig för att utvärdera två olika metoder för beståndsindelning, automatisk segmentering av IR-bilder och beståndsindelning med digitalt stereobetraktande. Den här studiens syfte är just att utvärdera dessa två metoder med avseende på användarvänlighet för en nybörjare och hur bra indelningarna blir. Programvarorna som användes var för den automatiska segmenteringen DianthusRaster™ Segmentering version 1.0 som är utvecklad av Dianthus AB och för stereobetraktningen EspaCity som är utvecklad av ESPA Systems Ltd. Indelningar med de två olika metoderna gjordes och utvärderades. Under arbetets gång med de båda metoderna togs noteringar om vilka problem som uppkom. Slutsatsen av studien är att den automatiska segmenteringen behöver viss vidareutveckling innan ett eventuellt införande i det praktiska skogsbruket. Vad gäller stereobetraktningen behövs det en kort utbildning av programmet för att kunna använda det fullt ut i det praktiska skogsbruket.

**Nyckelord:** *Automatisk segmentering, digitalt stereobetraktande, ESPA, Dianthusraster.*

## **ABSTRACT**

To be able to plan different treatments, accurate data is required. The collection of data is often expensive and that's why the aim is to lower the inventory costs without losing the accuracy of the data. Holmen Skog has in its strive to lower the costs, decided to evaluate two different methods for forest delineation, computer aided forest delineation and digital stereo view. This study's purpose is to evaluate these two methods in regard to usability for a beginner and how good the delineation gets. The software that was used for the computer aided forest delineation is DianthusRaster™ Segmenter version 1.0 which is developed by Dianthus AB. For the stereo view a software called EspaCity was used that is developed by ESPA Systems Ltd. Some delineation was made with the two different methods and were then evaluated. Notes about problems that occurred were taken during the work with the two methods. The conclusions are that the computer aided forest delineation needs some further development before it can be used in the practical forestry and before using the stereo view method as a part of the forest inventory, a short introduction course is needed.

## FÖRORD

Detta arbete har genomförts som ett examensarbete omfattande 20 poäng i ämnet skogshushållning. Initiativtagare och finansiär till arbetet är Holmen Skog AB.

Först vill jag rikta min tacksamhet till Mikael Egberth på institutionen för skoglig resurshushållning som på ett berömvärt sätt varit min handledare på SLU, samt Lars Karlsson som varit min kontaktperson/handledare på Holmen Skog och som har ordnat och fixat så att min vistelse nere i Örnsköldsvik har blivit så angenäm som möjligt. Jag vill även tacka Jörgen Wallerman på institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. Utan honom hade det inte blivit någon statistisk utvärdering.

Vidare vill jag även tacka Kennet Holmström på Lantmäteriet i Umeå för att han har ställt upp när jag har haft problem med Espa-programmet och för att han tog emot oss på ett studiebesök. Här vill jag även tacka Pasi Myllyniemi på Espa Systems som har tagit sig tid att hjälpa till med att få igång systemet.

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>FÖRORD.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
1.1. BAKGRUND .....	6
1.2. SYFTE.....	7
<b>2. MATERIAL OCH METODER.....</b>	<b>7</b>
2.1. ALLMÄNT .....	7
2.2. STEREOBETRAKTNING.....	8
2.3. AUTOMATISK SEGMENTERING .....	9
2.4. UTVÄRDERING AV DE OLIKA BESTÅNDSINDELNINGARNA .....	10
<b>3. RESULTAT .....</b>	<b>12</b>
3.1. STEREOBETRAKTNING.....	12
3.2. AUTOMATISK SEGMENTERING .....	12
3.3. RESULTATET AV DEN STATISTISKA JÄMFÖRELSEN .....	14
<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>18</b>
4.1. SLUTSATS .....	20
<b>5. REFERENSER.....</b>	<b>22</b>
<b>BILAGA 1 .....</b>	<b>23</b>
<b>BILAGA 2 .....</b>	<b>26</b>
<b>BILAGA 3 .....</b>	<b>29</b>

# 1. INLEDNING

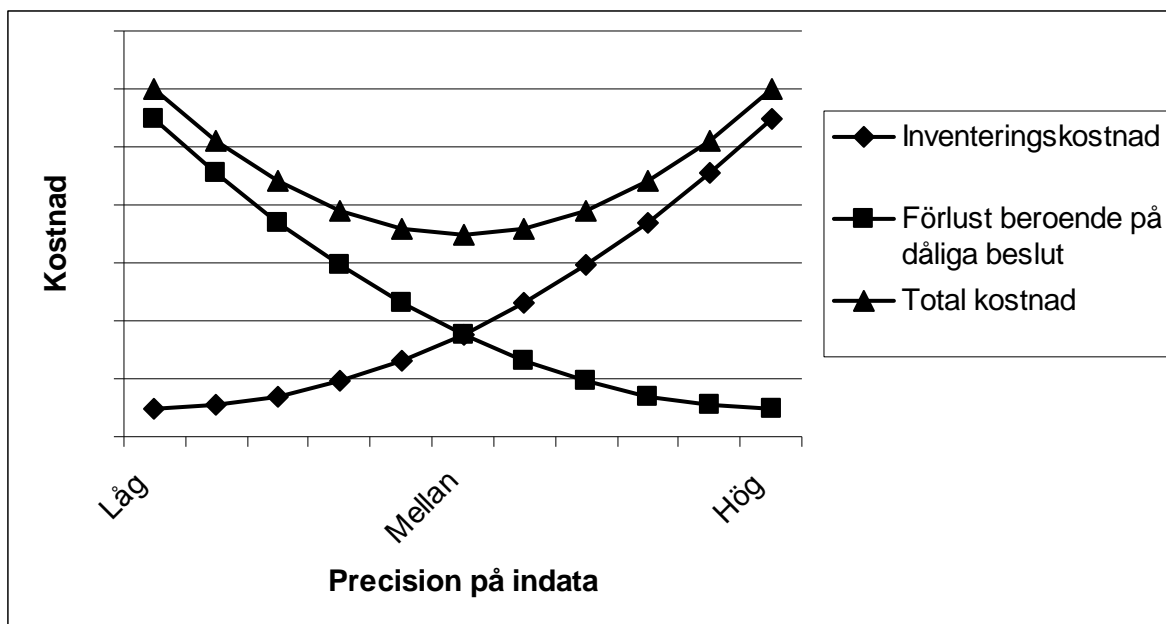
## 1.1.BAKGRUND

I det svenska skogsbruket delas skogen vanligen in i operationella enheter (bestånd) på 1-20 ha (Hagner, 1990). Indelningen i bestånd sker oftast genom tolkning av flygbilder i stereo som sedan korrigeras ute i fält (Åge, 1985).

Flygbildstolkningen görs oftast av en professionell tolkare som delar in området i bestånd och uppskattar trädslag och trädhöjd. Det kan även göras en slutenhetsbedömning som tillsammans med höjden ger volymen (Åge, 1985). Efter tolkningsarbetet utförs kompletterande fältinventering där skogstillståndet, såsom medelhöjd, grundyta, volym, trädslagsblandning m.m. uppskattas subjektivt med vissa objektiva stödmätningar (Kilpeläinen & Tokola, 1999). Kartor och data lagras oftast i en digital kartdatabas (GIS).

Informationen om skogen används sedan till planering av vilka bestånd som avverkas/gallras och när det ska ske. Den används också till att bestämma var det finns behov av skogsvårdsåtgärder (plantering, röjning).

Att samla in data är kostsamt och ju noggrannare data man vill ha desto dyrare blir det. Men felaktiga data kan innebära felaktiga beslut som ger företaget en större förlust. Ett sätt att illustrera detta förhållande visas i Figur 1.



**Figur 1.** Kostnad för inventering jämfört med förlust vid felaktiga beslut.

*Figure 1. The cost for inventory compared with the loss for a bad decision*

Bilden kan vara svår att överföra till praktiken då det är svårt att göra en bra beräkning av förlusten vid felaktiga beslut. Men den visar ändå det teoretiska förhållandet mellan noggrannheten på data och kostnaden för ett felaktigt beslut (Duvemo & Lämås, 2006).



Kostnaden för felaktiga beslut är svår att påverka men däremot kan ny teknik leda till att kostnaden för datainsamlingen minskar utan att datanoggrannheten minskar.

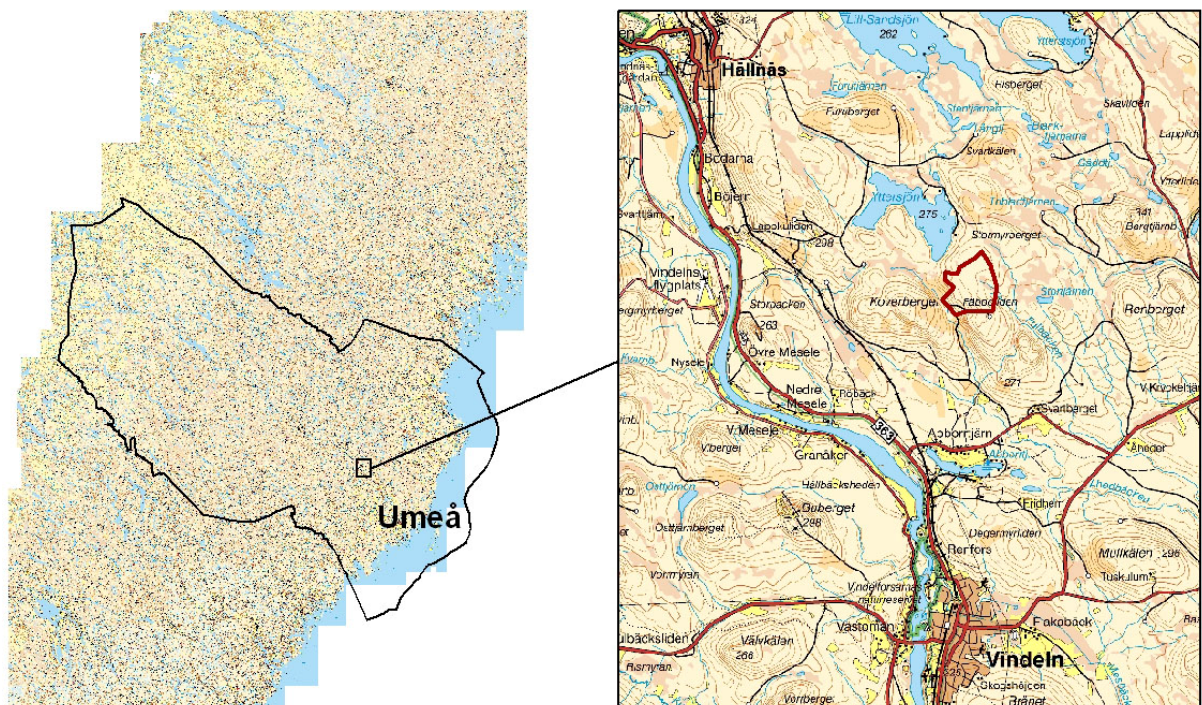
## 1.2.SYFTE

Det första syftet med studien är att undersöka några olika fjärranalysmetoder för att minska tidsåtgången vid beståndsindelningen, och därmed sänka den totala inventeringskostnaden. Det andra syftet var att undersöka hur svårt/lätt det är för en oerfaren användare att använda sig av de olika fjärranalysmetoderna.

## 2. MATERIAL OCH METODER

### 2.1.ALLMÄNT

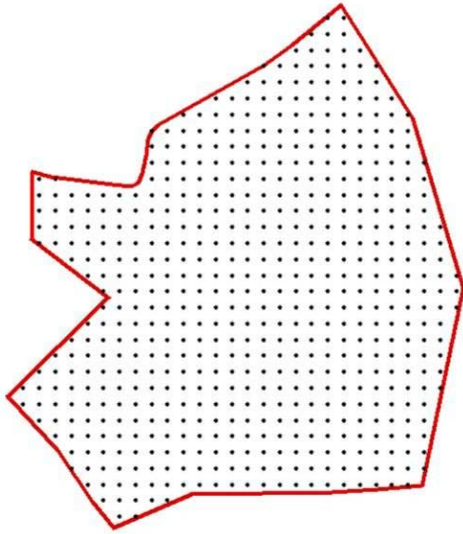
Två olika indelningsmetoder undersöktes, automatisk segmentering och manuell indelning i digitala stereomodeller. För att testa de olika indelningsmetoderna valdes ett 95 ha stort försöksområde. Området är beläget strax norr om Vindeln i Västerbottens län (Figur 2). Området valdes med avseende på att få ett varierat skogstillstånd med avseende till trädslag, ålder, grovlek, blöt- torrmark osv.



**Figur 2.** Karta över var försöksområdet är beläget.

*Figure 2. Map that describes where the test area is located.*

I testområdet genomfördes ett antal fältmätningar som användes för att räkna ut variationen inom de avgränsade bestånden (se avsnitt 2.4). För att få en rimlig skattning av denna variation bör det finnas mer än en provyta i varje bestånd. Vid variansberäkningen subtraheras värdena för de enskilda provytorna med medeltalet för alla ytorna inom beståndet (i ett bestånd med bara en provyta blir alltså medelvärdet lika med den provytans värde vilket ger en avvikelse som är noll). Därför lades rutnätet med inventeringspunkter ut över området med ett förband på 40 m (Figur 3). Totalt inventerades 596 provytor. På varje provyta mättes grundyta för respektive trädslag (tall, gran och löv) och medelhöjd. Vid mätning av medelhöjd valdes ett provträd ut subjektivt med målet att välja ett träd med en höjd som var så nära den verkliga medelhöjden som möjligt.



**Figur 3.** Försöksområdet med inventeringspunkter.

*Figure 3. The test area with inventory points.*

Därefter gjordes en indelning i bestånd, dels genom stereotolkning av flygbilder och dels med en automatisk segmenteringsmetod. För att få en oberoende referens gjordes även tre slumpvisa indelningar i form av kvadrater. Storleken på referenskvadraterna bestämdes genom att räkna ut medelvärdet av de olika indelningarnas arealer, vilken blev ungefär 3 ha. Den del av fyrkanterna som hamnade utanför försöksområdet skars bort. Holmens nuvarande beståndsindelning användes också vid utvärderingen som en sorts referens. En del av syftet var också att se hur svårt/lätt det är att sätta sig in i programmen för en nybörjare. Därför gjordes också en subjektiv bedömning av detta.

## **2.2.STEREOBETRAKTNING**

Till stereobetraktningen användes en programvara vid namn EspaCity som ingår i produktfamiljen ESPA Software (ESPA Systems Ltd, 2007). I ESPA Software ingår också EspaGate som är en koppling mellan EspaCity och ett valfritt GIS-program. Under det här försöket användes för GIS-hanteringen ArcMap 9.1 och ArcCatalog från ESRI:s produktfamilj ArcGIS 9.1 (ESRI, 2007). Hårdvaran som användes var en stereoskopisk visningspanel och polariserande glasögon från Stereo Graphics® (REAL D, 2007). I stereomodellerna användes infraröda flygbilder (IRF) med en upplösning på 1 m som är tagna med en kamera som heter RC30 15/4 Uag-S 13215. Den har en kamerakonstant på

152,85. Bilderna är inskannade negativ och skannern som använts heter Leica DSW 600. Flyghöjden var 4 879 m.ö.h.

Två olika beståndsindelningar gjordes av en oerfaren flygbildstolkare. Den första var en nyindelning och den andra var en ajourhållning och uppdatering av Holmen Skogs tidigare beståndsindelning. För att undersöka vilka svårigheter det finns i användandet av metoden noterades under arbetets gång vilka eventuella problem som uppstod.

## **2.3.AUTOMATISK SEGMENTERING**

Till den automatiska segmenteringen användes ett program som heter DianthusRaster™ Segmentering version 1.0 som är utvecklad av Dianthus AB. Detta är ett verktyg för ArcMap i ESRI:s produktfamilj ArcGIS 9.X. Programmet segmenterar rasterdata i formaten Tiff (\*.tif), LizardTech MrSid (\*.sid) eller ErMapper Compressed Wavelet (\*.ecw). Bäst är om färgbilder används, men svartvita bilder kan även segmenteras (Dianthus AB, 2006; Dianthus AB, 2007). Segmenteringen görs i två huvudsteg. Det första är själva segmenteringen som innefattar försegmentering, borttagning av segment och sammanslagning av segment. I den inledande försegmenteringen skapar programmet småsegment inom homogena områden. Inställningar som kan göras under försegmenteringen kan ses i Figur 5 i Bilaga 1. Det andra huvudsteget är en finjustering av gränslinjerna, som är till för att undvika hackiga linjer när indelningen till slut konverteras från rasterformat till vektorformat (se Figur 6 i Bilaga 1). Resultatet av en körning är två topologiskt korrekta skikt (ett polygonskikt och ett linjeskikt) i ESRI Shape-format. För en mer ingående beskrivning av vad programmet gör se Bilaga 1.

För den automatiska segmenteringen användes samma IRF-bilder som indelades med hjälp av ESPA systemet. Fokus lades på själva segmenteringsparametrarna eftersom finjusteringen inte är lika viktig, utan har en mer estetisk funktion (se Bilaga 1).

För att få en uppfattning om hur svårt/lätt det är att skapa en bra automatiskt genererad beståndsindelning genomfördes försöket i tre etapper. Det första steget var att se hur varje segmenteringsparameter påverkar resultatet jämfört med programmets grundinställningar. Ett antal körningar genomfördes där varje parameter med inflytande på segmenteringen ändrades var för sig (se Tabell 1). Alla parametrar ändrades dock inte, däribland de som är till för att ta bort segment som ligger över eller under en viss medelgrånivå, vilket kan motsvara vatten, moln m.m. Sådana områden fanns inte inom försöksområdet och ansågs därför inte relevanta. Ytterligare två parametrar lämnades oförändrade, ”maximal segmentstorlek” och ”startvärde för sammanslagningsfaktorn”. Maximal segmentstorlek var ingen begränsande faktor när man körde med grundinställningarna, så endast en minskning av denna skulle ge effekt. Men detta var inte aktuellt eftersom grundinställningarna genererade för små segment. Startvärde för sammanslagningsfaktorn anger vilket startvärde sammanslagningsfaktorn skall ha vid den iterativa sammanslagningen av segment. Här rekommenderar Dianthus AB att man skall behålla värdet 1. Detta för att säkerställa att de segment som är mest lika slås ihop först. Ett värde på 1 innebär att segment som jämförs har exakt samma variation i färgkanalerna. Det andra steget var att efter en visuell granskning av utfallet av ovanstående körningar, göra en körning där parametrarna successivt ändrades till dess att bästa möjliga segmenteringsresultat erhöles. Vad som är en bra segmentering är subjektivt och beror på

vilka kriterier som anses viktiga, t.ex. virkesförråd, ålder, trädslagsblandning och bonitet. Generellt efterstävades att få något större segment gentemot default-körningen, samt att gränserna så bra som möjligt överensstämde med gränserna i ortofotot. De parametrar som till slut ändrades var ”gränivåskillnad vid sammanslagning” (ändrades till 86), ”önskad segmentstorlek” (ändrades till 50 000) och ”minimal segmentstorlek” (ändrades till 5000). Det tredje steget var att göra en manuell justering av den egna körningen, där småsegment (<0,5 ha), som bildats vid klippning med försöksområdet, slogs samman med intilliggande segment. Tre lite större segment slogs också samman eftersom samtliga var hyggen och tydligt utgjorde ett och samma bestånd.

Precis som vid arbetet med stereomodellerna gjordes även här noteringar om vilka problem som stöttes på under arbetets gång för att få en bild av hur det är för en nybörjare att sätta sig in i programmet.

**Tabell 1.** Tabellen visar de parametrar som ändrades och till vad de ändrades vid de olika körningarna

*Table 1. The table shows the parameters that where changed and what they where changed to*

Körning	Parameter som ändrades	Grundinställning	Parametern ändrades till
1	%-uell minskning av sammanslagningsfaktorn	5	15
2	Antal utjämnings	7	30 och 10
3	Bryt sammanslagning efter x antal iterationer	10	20
4	Filterstorlek för kantdetektion	5	3
5	Filterstorlek för utjämnings	5	3
6	Maximal gränivåskillnad vid sammanslagning	20	90
7	Minimal segmentstorlek	4000	10000
8	Önskad segmentstorlek	4800	1000000
9	Rasterupplösning	2	10
10	Slutvärde för sammanslagningsfaktorn	0,3	0,09
11	Tröskelvärde för kantdetektion	4	15 och 8

## 2.4.UTVÄRDERING AV DE OLIKA BESTÅNDSINDELNINGARNA

För att få ett mått på hur homogena beståndsindelningarna var, mättes variationen inom bestånden. Till den här utvärderingen användes ett statistiskt program som heter R (The R Foundation for statistical computing, 2007). I R skapades två olika skript författade av Jörgen Wallerman. Det ena skriptet bygger på idén att en indelning ska resultera i så homogena avdelningar som möjligt. Det variationsmått som användes är kvadratsumman för avvikelserna mellan varje fältmätning (nedan) och dess avdelningsmedelvärde, ju mindre avvikelse desto bättre indelning.

$$SS = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} (x_{i,k} - \bar{x}_k)^2 ,$$

där  $x_{i,k}$  är fältmätning  $i$  i avdelning  $k$ ,  $n_k$  är antalet mätningar i avdelning  $k$ , och  $m$  är antalet avdelningar.

I det andra skriptet användes ett liknande mått ( $M$ ) men med den skillnaden att man använder informationen från flera insamlade variabler samtidigt. Detta mått använder samma kvadratsumma som ovan för de enskilda variablerna samt de parvisa

kvadratsummorna för att fånga beroendet mellan variablerna. Nedan beskrivs hur M tas fram för två variabler, X & Y.

$$SS_{xx} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} (x_{i,k} - \bar{x}_k)^2$$

$$SS_{xy} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} (x_{i,k} - \bar{x}_k)(y_{i,k} - \bar{y}_k)$$

$$\mathbf{SS}_{m \text{ var}} = \begin{bmatrix} SS_{xx} & SS_{xy} \\ SS_{yx} & SS_{yy} \end{bmatrix}$$

$$M = \det[\mathbf{SS}_{m \text{ var}} / \sum_{k=1}^m (n_k - 1)]$$

För att få en ranking för varje enskild variabel beräknades SS för samtliga variabler (medelhöjd, grundyta tall, grundyta gran, grundyta löv och grundyta total).

För att se om det var någon indelningsmetod som tog bättre hänsyn till flera variabler simultant gjordes två körningar för att ta fram två mått M, ett med variablerna medelhöjd, grundyta tall, grundyta gran och grundyta löv. Vid den andra körningen användes variablerna medelhöjd och grundyta total. Dessa variabelkombinationer valdes med avseende på om det var någon metod som tog bättre hänsyn till trädslagsfördelning och medelhöjd resp. om någon tog bättre hänsyn till medelhöjd och den totala grundytan. De olika indelningarna rangordnades sedan efter hur homogena de var i förhållande till varandra. Den homogenaste (lägst SS respektive lägst M inom avdelningarna) indelningen fick en etta, den näst homogenaste en tvåa osv.

## 3. RESULTAT

### 3.1. STEREOBETRAKTNING

Efter en kort introduktion av EspaCity utav Kennet Holmström på Lantmäteriet utfördes en indelning i bestånd. En sådan introduktion är nödvändig då manualerna är krångliga och det skulle ta för lång tid att lära sig själv.

Problem som stöttes på under arbetet med EspaCity:

- Att få över försöksområdet från ArcMap till EspaCity med rätt georeferering (försöksområdet var 2-dimensionellt medan bakgrunden var 3-dimensionell). Detta orsakade vissa problem men de gick att lösa efter några försök.
- Hittade ingen ångraknapp för att kunna ångra felaktigt dragna linjer.
- Svårt att redigera en redan dragen linje.
- En del tveksamheter vid gränsdragningar.

Utfallet av nyindelningen och ajourhållningen kan ses i Bilaga 2.

### 3.2. AUTOMATISK SEGMENTERING

Valet av styrparametrarna är viktig för att segmenteringsresultatet skall bli tillfredsställande (Bilaga 2). Vissa ändringar kan ge stora skillnader jämfört med en segmentering baserad på grundinställningarna, medan vissa inte ger någon skillnad alls. De som inte visade någon skillnad var; "bryt sammanslagningen efter x antal oförändrade iterationer", "filterstorlek för kantdetektion" och "önskad segmentstorlek". Det var även en del som visade en så stor förändring så att det inte var lönt att testa dem eftersom sådana indelningar inte är relevanta för det praktiska skogsbruket. Dessa var "antal utjämnings" satt till 30 och "tröskelvärde för kantdetektion" satt till 15. Men om dessa minskades till 10 respektive 8 (se Tabell 1) gav de ett rimligare utfall.

Programmet är väldigt enkelt att använda för någon som har erfarenhet av att jobba med ArcMap eller andra liknande kartaniseringsprogram. Man behöver ingen introduktion av programmet för att kunna använda det eftersom att det bara är att följa anvisningarna på skärmen. En bättre förståelse för programmet fås dock om man läser manualen i förväg.

Problem som noterades under arbetets gång:

- Försöksområdet låg i skarven mellan fyra olika IRF-bilder, vilket resulterade i att beståndsgränser som följde IRF-bildernas kanter bildades. Sammanslagning av bilderna blev nödvändig med resultatet att det blev en jättestor, tungjobbad bild. Detta resulterade i ytterligare en manuell process med att skära ner storleken på den.
- Klippning med försöksområdet resulterade i småsegment i ytterkanterna av försöksområdet. Dessa gör också att medelarealen sänks och ofta hamnar under den önskade medelarealen. Småsegmenten i ytterkanten blir ibland mindre än minsta tillåtna segmentstorlek.

Figur 4 visar på vilken skillnad det är mellan de olika indelningsmetoderna plus Holmen Skogs nuvarande beståndsindelning. Man kan se att default indelningen har mindre bestånd

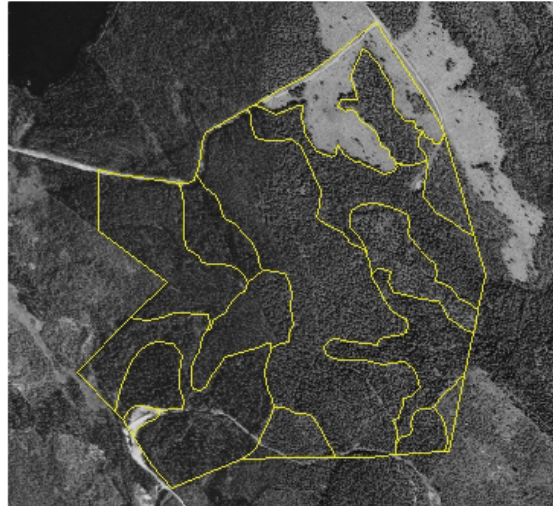


än vad både nyindelningen och Holmens indelning har. Egen 2, som är en modifierad version av resultatet från en automatisk segmentering (egen), har större bestånd än default-versionen. De övriga utfallen av indelningarna visas i Bilaga 2.

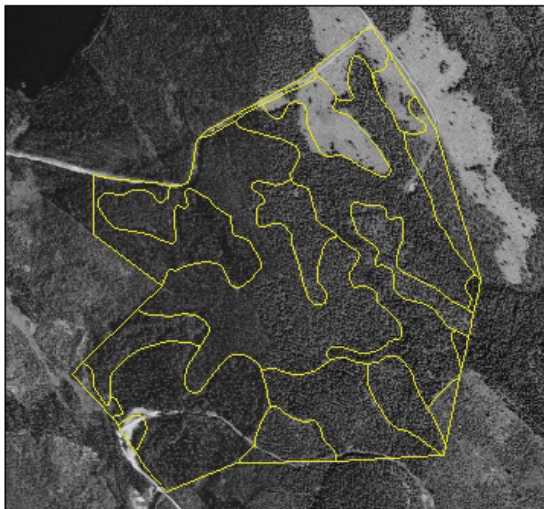
**Default**



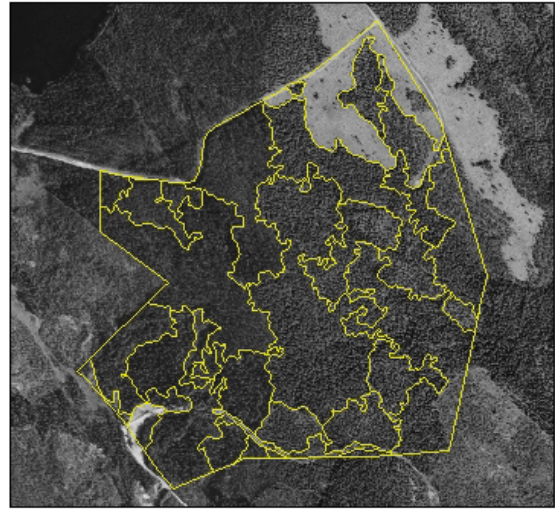
**Nyindelning**



**Holmenindelning**



**Egen 2**



**Figure 4.** Jämförelse av fyra olika indelningar, default som är grundinställningen i den automatiska segmenteringen, nyindelningen i stereomodellen, Holmen skogs nuvarande indelning och egen 2 den redigerade versionen av det automatiska segmenteringsresultatet egen.

**Figure 4.** A comparison of four different delineations, default which is the basic settings in the automatic segmentation, a new delineation with the help of the stereo model, Holmen skog's present delineation and "egen 2" which is the edited version of the automatic segmentation result "egen".

### **3.3.RESULTATET AV DEN STATISTISKA JÄMFÖRELSEN**

I Tabell 2 kan man se en sammanställning av resultatet för de olika indelningarna där hänsyn tas till en variabel i taget. Rangordningen bygger, som tidigare nämnts, på kvadratsumman för avvikelserna mellan varje fältmätning och dess avdelningmedelvärde (SS) (tabeller med varianserna (SS) finns i Bilaga 3). Tabellen är uppdelad i resultat från den automatiska segmenteringen, stereobetraktningen och referenserna.

Parameterändringarna för de automatiska segmenteringarna redovisas längst ut till höger (se även Tabell 1). De som inte har någon parameterändring är "default", "egen" och "egen2". Default står för den körning där grundinställningen (defaultinställningen) använts för alla parametrar i den automatiska segmenteringen. "egen" är den körning där flera parametrar ändrades godtyckligt för att uppnå bästa möjliga segmentering och "egen2" är den redigerade versionen av den körningen.

Ajour och Nyindelning är de manuella beståndsindelningar som gjordes av stereoooperatören.

Under referenser finns "Holmenindelning" som är Holmen Skogs nuvarande beståndsindelning som kan betraktas som en sorts referens. De tre fyrkanterna (Fyrkant1, Fyrkant2 och Fyrkant3) är de andra referenserna.



**Tabell 2.** Rangordningen för de olika beståndsindelningarna baserad på de enskilda variablerna (medelhöjd, grundyta tall, grundyta gran, grundyta löv och grundyta total). Parameterändringarna för de automatiska segmenteringarna visas också

*Table 2. The hierarchy for the different delineations, based on the separate variables (average height, base area for the pine, base area for the spruce, base area for the leaf and the total base area). The changes of the parameters for the automatic delineation is also shown*

	Rangordning vid variabeln					Ursprungsparameter	Parameterändrad till
De olika beståndsindelningarna	Medelhöjd	Gr-yta tall	Gr-yta gran	Gr-yta löv	Gr-yta total		
Automatisk segmentering							
%-uell minskn av samslagingsfakt	2	2	3	4	2	5	15
Antal utjämningar	3	7	4	5	4	7	10
Bryt sammanslagning efter x..	-	-	-	-	-	10	20
Filterstorlek för kantdetektion	-	-	-	-	-	5	3
Filterstorlek för utjämn	4	1	2	3	5	5	3
Max gränivåskilln sam.slagning	9	13	14	7	8	20	90
Minimal segmentstorlek	7	12	11	16	7	4000	10000
Önskad segmentstorlek	-	-	-	-	-	4800	1000000
Rasterupplösning	8	17	17	9	9	2	10
Slutvärde för samslagingsfakt	5	5	7	2	3	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	6	15	9	6	6	4	8
Default	1	3	1	1	1	-	-
Egen	11	14	15	10	12	-	-
Egen2	12	16	16	17	10	-	-
Stereobetraktning							
Ajour	14	6	6	8	14	-	-
Nyindelning	13	10	8	14	13	-	-
Referenser							
Holmenindelning	10	4	5	12	11	-	-
Fyrkant1	16	9	10	13	16	-	-
Fyrkant2	15	8	13	11	15	-	-
Fyrkant3	17	11	12	15	17	-	-

Den variabelvisa utvärderingen visar att grundinställningen (Default) ger en bra indelning vad gäller homogenitet inom beståndet för alla variabler. De andra beståndsindelningarna ligger dock inte så långt efter. De som urskiljer sig mest är fyrkantsreferenserna, vilket visar på att en styrd indelning alltid blir bättre än om man helt slumpmässigt göra en beståndsindelning.

Resultatet när flera variabler vägs samman ger ingen större skillnader i rangordning jämfört med rangordningen för de enskilda variablerna (Tabell 2 och 3 ).

**Tabell 3.** Rangordningen för de olika beståndsindelningarna när hänsyn tas till flera variabler samtidigt

*Table 3. The hierarchy for the different delineations, when consideration to many variables at the same time is being taken*

Variabler medelhöjd, grundyta tall, grundyta gran och grundyta löv			Variabler medelhöjd och grundyta total	
	M	Rangordning	M	Rangordning
<b>Automatisk segmentering</b>				
MinsknSammfakt	65 196	2	233	2
AntUtjamn	75 590	4	256	4
Bryt sammanslagning efter x..	-	-	-	-
Filterstorlek för kantdetektion	-	-	-	-
Filterstorl för utjämning	71 491	3	260	5
MaxGraniskSam	138 163	11	354	9
MinSegmstorl	121 346	9	302	7
Önskad segmentstorlek	-	-	-	-
RastUppl	157 182	13	356	10
SlutvardSamfakt	78 484	5	250	3
TroskKant	107 387	8	276	6
Default	61 602	1	218	1
Egen	143 083	12	361	11
Egen2	161 604	15	373	13
<b>Stereobetraktning</b>				
Ajour	100 495	7	373	14
Nyindelning	124 686	10	370	12
<b>Referenser</b>				
Holmindelning	92 823	6	344	8
fyrkant1	163 917	16	473	17
fyrkant2	160 088	14	470	15
fyrkant3	172 060	17	473	16

Tabell 2 och 3 visar att grundinställningarna i Dianthus raster segmentering ger homogena indelningar med avseende på alla de variabler som testats. Men som man kan se i Figur 4 ger default-körningen många små bestånd jämfört med både Holmen Skogs nuvarande beståndsindelning och nyindelningen. Medelarealen för indelningarna har en stor betydelse för resultatet. Om man generellt har mindre bestånd är det större sannolikhet att dessa blir homogena än om man har stora bestånd. Ett bestånd som bara innehåller en provyta får variansen 0. Därför redovisas de olika indelningarnas medelarealer och rangordningen enligt Tabell 4. Man ser att de indelningar som har mindre medelarealer också har en bra rang.

Exempel på att man kan få större bestånd med den automatiska segmenteringen ses i Figur 4 i form av egen 2. Men att få till en sådan indelning kan innebära en sämre indelning med avseende på homogenitet.

**Tabell 4.** Medelarealer och rangordning enligt för de olika beståndsindelningarna

**Table 4.** Average areas and hierarchy according to **Table 2** for the different delineations

Beståndsindelning	Medelareal (ha)	Medel- höjd	Gr-yta tall	Gr-yta gran	Gr-yta löv	Gr-yta total
<b>Automatisk segmentering</b>						
%ell minskn av samslagfakt	0,8	2	2	3	4	2
Antal utjämningar	1,0	3	7	4	5	4
Filterstorlek för utjämning	0,7	4	1	2	3	5
Maximal gränivåskilln vid sammanslagn	1,5	9	13	14	7	8
Minimal segmentstorlek	1,4	7	12	11	16	7
Rasterupplösning	2,1	8	17	17	9	9
Slutvärde för sammanslagningsfaktorn	0,8	5	5	7	2	3
Tröskelvärde för kantdetektion	1,1	6	15	9	6	6
Default	0,8	1	3	1	1	1
Egen	1,8	11	14	15	10	12
Egen2	3,1	12	16	16	17	10
<b>Stereobetraktning</b>						
Ajour	5,6	14	6	6	8	14
Nyindelning	6,0	13	10	8	14	13
<b>Referenser</b>						
Holmenindelning	5,0	10	4	5	12	11
Fyrkant1	1,9	16	9	10	13	16
Fyrkant2	2,0	15	8	13	11	15
Fyrkant3	2,1	17	11	12	15	17

## 4. DISKUSSION

Efter en snabb genomgång av EspaCity kan man använda programmets enklare verktyg, som att rita linjer osv. Det hjälper om man har viss vana av andra karthanteringsprogram (ArcMap, Mapinfo, mfl), men för att kunna använda EspaCity fullt ut behövs en mer ingående introduktion. Man skulle kunna tänka sig att ha specialkonstruerade övningar som relaterar till de funktioner som behövs för att göra en beståndsindelning. Dessa övningar skulle också kunna användas som ett första steg till att kalibrera sig själv i vad som är en beståndsgräns och vad som inte är det. Som nybörjare känner man sig ibland osäker på var en del gränser ska gå. Med en ordentlig introduktion av programmet från en som verkligen kan det, alternativt ett antal övningar med handledning, så kan man nog få till bra beståndsindelningar. Magnusson m.fl., (2007) har visat att det dessutom är möjligt att uppskatta trädhöjder och virkesförråd med tillfredställande precision i både digitala och analoga flygbilder.

DianthusRaster Segmentering är i grunden enkel att använda. Det som är svårt i det här programmet är att veta hur man ska justera de olika parametrarna för att få ett bra resultat. Man skulle även här tänka sig ett övningsdataset för att illustrera vilka effekter vissa parametrar har på utfallet. En del parametrar verkar också onödiga för ett normalanvändande av programmet. Det går ändå relativt enkelt och snabbt att få till en grov indelning som ser hyfsad ut med den här metoden. Som visats i resultatet så ger default-värdena oftast det bästa resultatet med avseende på homogenitet. Men det krävs ändå ett visst efterarbete med att ta bort små segment som har bildats om man har klippt med en shape-fil. Dessutom måste en del bestånd slås ihop och ibland krävs även att befintliga bestånd delas upp i mindre delar. Även om grundinställningen ger homogena bestånd innebär det med andra ord inte att beståndsindelningen är bra. Ur ett praktiskt perspektiv är bestånden för små för att vara lämpliga.

Ett problem som dök upp när man har flera IRF-bilder som ska segmenteras var att bestånd ibland går utanför bildkanten. Dessa delas upp i två bestånd eftersom man bara kan segmentera en bild åt gången. Man kan lösa detta genom att slå ihop IRF-bilderna. Men detta ger väldigt stora bilder om man ska göra en segmentering över ett större område. Liknande problem uppstår om man väljer att använda sig av ett lager som man klipper med. Segmenteringen sker då på ett område som är större än klipplagret. Det segmenterade området klipps sedan i efterhand med klipplagret vilket innebär att det bildas småsegment i kanterna av klipplagret. Detta kan ge mycket efterarbete i form av manuell editering. Man har då tappat en del av fördelen med att programmet annars går snabbt att använda. Ett önskvärt scenario vore att man bara kunde markera det område som ska segmenteras och att programmet vid behov slår ihop de bilder som området ligger inom. När sammanslagningen är färdig skulle programmet klippa ut det område som man är intresserad av och enbart segmentera inom detta.

Resultaten från de statiska körningarna visar att grundinställningarna för den automatiska segmenteringen ger homogena bestånd med avseende på de egenskaper som har mätts. Även de flesta andra körningarna utav den automatiska segmenteringen ger rent statistiskt bra resultat. Men, och det är ett stort MEN, man måste väga in medelarealen på bestånden som bildas för varje körning. När man bedömer hur bra en indelning är påverkas resultatet i stor utsträckning av beståndsstorleken (se Tabell 4). Indelningarna med hjälp av

stereobetraktning ger ofta mer heterogena bestånd än de automatiska segmenteringarna. Men det är inget bevis på att dessa är sämre beståndsindelningar än de som är gjorda med automatisk segmentering. Detta för att medelarealerna mellan de olika typerna skiljer sig så mycket att en sådan slutsats inte kan dras.

Så de statistiska måtten ger oss en fingervisning om hur homogena bestånden är med avseende på de mätta variablerna (medelhöjd, grundyta för respektive trädslag), men inte hur bra indelningarna egentligen är. Det är flera andra egenskaper än de som har mätts som spelar in i hur beståndsindelningen ska ske. Holmen Skog använde följande beståndsavgränsande faktorer vid deras senaste beståndsindelning (Östman, 1996):

- Minsta areal 0,5 ha
- Max areal 50 ha
- Beståndsmedelhöjd  $\pm 2$  m
- Virkesförråd  $\pm 20$  % av virkesförrådet, m<sup>3</sup>sk/ha
- Trädslagsblandning Tall-, gran- och lövbestånd särskiljs
- Ståndortindex. Görs vid tydliga skillnader. Skillnader på ca  $\pm 2$  m
- Fuktiga Partier

Dessutom är det ovillkorliga beståndsgränser vid (Östman, 1996):

- Läns- och kommungräns
- SF- och FD-gräns
- Järnväg
- Vattendrag som är opasserbara utan särskilda arrangemang i form av broar och överfarter
- Lutning > klass 3
- Större vägar, typ riksvägar

Arealkraven ovan (minsta areal 0,5 ha och max areal 50 ha) är lätta att följa med båda metoderna, men lättast med den automatiska segmenteringen där man bara sätter in dessa värden i programmet. Ett problem som tidigare tagits upp, är de småsegment som bildas vid klippning av segmenteringen. Dessa blir mindre än minsta tillåtna arealen.

Beståndsmedelhöjden tar båda metoderna bra hänsyn till (se Tabell 2). Däremot kan kravet på virkesförrådsskillnaden ( $\pm 20$  % av virkesförrådet) vara svårare att upptäcka med stereobetraktandet. Hur lyckat det blir med segmenteringen beror på hur stora skillnader i textur och färgskillnad en 20 procentig förändring i virkesförrådet ger.

Trädslagsblandningen är oftast inga problem för någon av metoderna, förutom när man ändrar för mycket på parametrarna "maximal gränivåskillnad", "rasterupplösning" och "minimal segmentstorlek" i den automatiska segmenteringen. Ståndortsindex är en beståndsavgränsande faktor som är näst intill omöjligt att ta hänsyn till för båda metoderna. Fuktiga partier är lättare att ta hänsyn till med stereobetraktning än med automatisk segmentering. Vidare är det en del faktorer som är enkla att ta hänsyn till med stereobetraktande men inte med den automatiska segmenteringen. T.ex. så är det lätt att se lutning med stereobetraktning vilket inte tas någon större hänsyn till vid segmenteringen, så vida det inte är stora textur- eller färgskillnader. Egentligen kan man säga att alla de faktorer som ovillkorligen blir beståndsgränser är lättare att ta hänsyn till med stereobetraktning. Vägar och vattendrag blir antingen ett långsmalt segment eller slås samman med intilliggande bestånd vid den automatiska segmenteringen.

En sammanställning av för- och nackdelar med respektive metod:

#### Fördelar

##### **Stereobetraktning**

- Det är relativt lätt att ta hänsyn till de flesta av Holmen Skogs kriterier på när det ska vara en beståndsgrens.
- Man kan göra olika typer av gränser där man är osäker var och om det ska vara en beståndsgrens, vilket underlätta fältarbetet då man kan koncentrera sig på att undersöka dessa gränser.
- Man får en bra bild på hur området ser ut innan man kommer ut i fält.

##### **Automatisk segmentering**

- Väldigt enkelt att snabbt få en godtagbar indelning.
- Tar hänsyn till många av Holmen Skogs kriterier.
- Inte så många tillbehör som behövs.
- Bra förklarande manual.

#### Nackdelar

##### **Stereobetraktning**

- Krångliga manualer.
- Svårt att editera.
- Många tillbehör.

##### **Automatisk segmentering**

- Problem när området man ska segmentera sträcker sig över flera IR-bilder.
- Små områden bildas när man väljer att klippa med ett lager.
- Kräver en del efterarbete.

Båda metoderna ger en mer eller mindre bra beståndsindelning. Men ingen av metoderna tar bort behovet av en fältinventering där man kontrollera beståndsgrensarna. Detta beror på att några av Holmen Skogs beståndsgrensande faktorer är svåra eller går inte att se vare sig i segmenteringen eller i stereobetraktandet. Men båda metoderna ger en relativt snabb indelning som inte är helt orimlig, vilket ger en bra grund för en fältinventering. Man skulle också kunna tänka sig att man använder automatisk segmentering som ett första steg i en beståndsindelning och att man därefter använder sig av stereobetraktningen för att få till en slutlig indelning. En annan intressant utveckling skulle vara om man vid segmenteringen inkluderade uppgifter om höjd och volym som tagits fram m.h.a. data från flygburna laserskannersystem. (Magnusson, 2006).

## **4.1.SLUTSATS**

Man skulle kunna sammanfatta utvärderingen så här: den automatiska segmenteringen är enkel att lära sig. Programmet är gjort som en extension i ArcMap som Holmen Skogs personal redan använder sig av i dagsläget. Det går fort att använda men det stora problemet är att det behövs en hel del efterarbete för att få till en godtagbar beståndsindelning. Hur mycket efterarbete som krävs är den stora frågan och är delvis upp till användarens krav på indelningen. Innan en eventuell införelse av programmet i Holmen Skogs praktiska skogsbruk, behövs det framförallt göras om så att det inte bildas så många småsegment vid klippning och en smidigare sammanfogning av bilder.

Stereometoden däremot tar längre tid att lära sig, det tar lite längre tid att göra en beståndsindelning, men det går att ta hänsyn till fler beståndsavgränsande faktorer. Man behöver inte heller göra någon editering i efterhand. Att ajourhålla, och att editera var lite krångligt. Vid en eventuell introduktion av segmenteringsprogrammet i det praktiska skogsbruket så behövs det en introduktionskurs för användarna. Antingen att man utbildar någon inom Holmen Skog som kan ge en sådan introduktionskurs eller att man hyr in någon utomstående som är väl insatt i programmet.

## 5. REFERENSER

### Avhandlingar

Magnusson, M. (2006). Evaluation of remote sensing techniques for estimation of forest variables at stand level. Akad.avh: Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. ISBN 91-576-7134-6.

### Elektroniska

Dianthus AB. (2007). Dianthus Raster – Segmentering. [online]. Tillgänglig från: [http://www.dianthus.nu/p\\_files/Produktblad\\_segmentering.pdf](http://www.dianthus.nu/p_files/Produktblad_segmentering.pdf) [hämtad 31 mars, 2007].  
ESPA Systems Ltd. (2007). *Products*. [online]. Tillgänglig från: <http://www.espasystems.fi/index.htm> [hämtad 25 mars, 2007].  
ESRI. (2007). *Products*. [online]. Tillgänglig från: <http://www.esri.com/index.html> [hämtad 31 mars 2007].  
REAL D. (2007). *Products*. [online]. Tillgänglig från: <http://www.reald-corporate.com/scientific/> [hämtad 31 mars, 2007].  
The R foundation for statistical computing. (2007). *What is R*. [online]. Tillgänglig från: <http://www.r-project.org/> [hämtad 31 mars, 2007].

### Instruktioner

Dianthus AB (2006). DianthusRaster Segmentering Version 1.0, Installations- och användarhandledning.  
Östman, I. (1996). Nyindelning MoDo Norr. Örnsköldsvik.

### Rapporter

Hagner, O. (1990). Computer aided forest delineation and inventory based on satellite remote sensing. I: *The usability of remote sensing for forest inventory and planning*. Rapport 4. 94-105. Umeå. ISBN 91-576-4208-7.  
Åge, P-J. (1985). Forest inventory – photo interpretation. Gävle: Lantmäteriverket – National Land Survey. Tekniska skrifter. Rapport 13. ISSN 0280-5731.

### Tidningsartiklar

Duvemo, K. & Lämås, T. (2006). The influence of forest data quality on planning processes in forestry. *Scand j for res*. 2006; 21, s 327 – 339. ISSN 0282-7581.  
Kilpeläinen, P. & Tokola, T. (1999). Gain to be achieved from stand delineation in LANDSAT TM image-based estimates of stand volume. *Forest Ecol Manag*. 1999; 124, s 105-111.  
Magnusson, M., Fransson, J. & Olsson, H. (2007). Aerial photo-interpretation using Z/I DMC images for estimation of forest variables. *Scand j for res*. 2007; 22, s 254 – 266.



## Bilaga 1


Stegen som utförs i programmet DianthusRaster™ Segmentering version 1.0 är följande (Dianthus, 2006):

1. Inläsning av bilddata.
2. Försegmentering. Detta sker i fyra delsteg:
  - Ändring av upplösning (ställs in av användaren).
  - Utjämning av bilden, dvs. bilden görs suddig.
  - Kantdetektion som ligger till grund för de småsegment som skapas i försegmenteringen.
  - Skapande av småsegment inom homogena områden.
3. Borttagning av segment. Segment tas bort som har en större eller mindre medelgränivå än den som användaren har satt.
4. Sammanslagning av segment. De småsegment som skapades vid försegmenteringen slås ihop med sina grannar om de är tillräckligt lika med avseende på ett statistiskt texturmått och färg. Sammanslagningen slutar när ett av följande stoppkriterier uppfylls:
  - Miniminivå för likhet mellan segment uppnåts.
  - Önskad medelsegmentstorlek uppnåts.
  - Ingen sammanslagning har skett efter ett specificerat antal genomgångar av segmentlistan.
5. Finjustering av gränslinjer. Jämnar ut segmentlinjerna så att de följer kanterna i bilden på ett mer naturligt sätt.

De parametrar som kan ställas in visas i Figur 5 och i Figur 6. De värdena som visas är default-värden.

**DianthusRaster - Segmentering**

**Segmenteringsparametrar**



**Försegmentering**

Rasterupplösning, m	<input type="text" value="2"/>	Filterstorlek för kantdetektion	<input type="text" value="5"/>
Filterstorlek för utjämning	<input type="text" value="5"/>	Tröskelvärde för kantdetektion	<input type="text" value="4"/>
Antal utjämningar	<input type="text" value="7"/>		

**Borttagning av segment**

Ta bort segment med en medelgränivå under	<input type="text" value="30"/>	och med en jämnhetsfaktor under	<input type="text" value="400"/>
Ta bort segment med en medelgränivå över	<input type="text" value="255"/>	och med en jämnhetsfaktor under	<input type="text" value="400"/>

**Sammanslagning av segment**

Startvärde för sammanslagningsfaktorn	<input type="text" value="1"/>	Önskad segmentstorlek, m2	<input type="text" value="48000"/>
Slutvärde för sammanslagningsfaktorn	<input type="text" value="0.3"/>	Minimal segmentstorlek, m2	<input type="text" value="4000"/>
%-uell minskning av sammanslagningsfaktorn	<input type="text" value="5"/>	Maximal segmentstorlek, m2	<input type="text" value="320000"/>
Maximal gränivåskillnad vid sammanslagn.	<input type="text" value="20"/>	Bryt sammanslagningen efter	<input type="text" value="10"/>
%-uell minskning av tillåten gränivåskillnad	<input type="text" value="0"/>	antal oförändrade iterationer	

< Föregående    Nästa >    Avbryt

**Figur 5.** Parametrar som kan ställas in i DianthusRaster Segmentering för själva segmenteringen. Detta är default-värden.

*Figure 5. Parameters that can be changed in DianthusRaster Segmentation for the segmentation part. This is the default values.*

**DianthusRaster - Segmentering**

**Parametrar för finjustering av gränslinjer**

Finjustering av gränslinjer

Storlek utjämning	5	Beta	3	Hörkanttrösk.	-1
Antal utjämningar	2	Gamma	1.8	Ändpunkter låsta	1
Storlek kanrdet.	5	Antal iterationer	25	Avst. för kortning	0
Antal kantutjämn.	2	Aktivitetströskel	0	Grannskapsbredd	3
Båghöjd förgen.	3	Max förflyttning	3	Grannskapshöjd	3
Densifieringsavs.	2	Gradienttröskel	-1	Båghöjd efärgen.	0.9
Alpha	1.4	Hörkurvaturtrösk.	-1	Spikborttagn.par.	80

< Föregående   Nästa >   Avbryt

**Figur 6.** Parametrar som kan ställas in i DianthusRaster Segmentering för finjusteringen av gränslinjer.

*Figure 6. Parameters that can be changed in DianthusRaster Segmentation for the fine tuning of boarder lines.*

## Bilaga 2

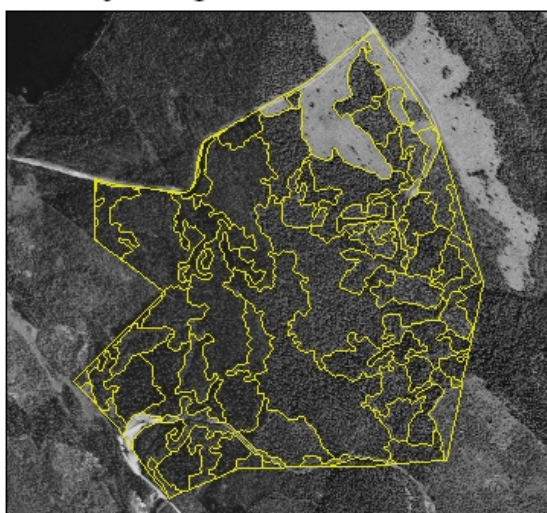
**Default**



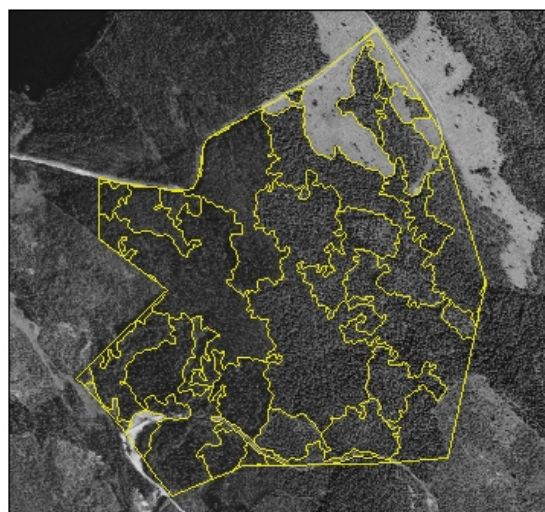
**%-uell minskning av sammanslagningsfaktorn**



**Antal utjämningar**



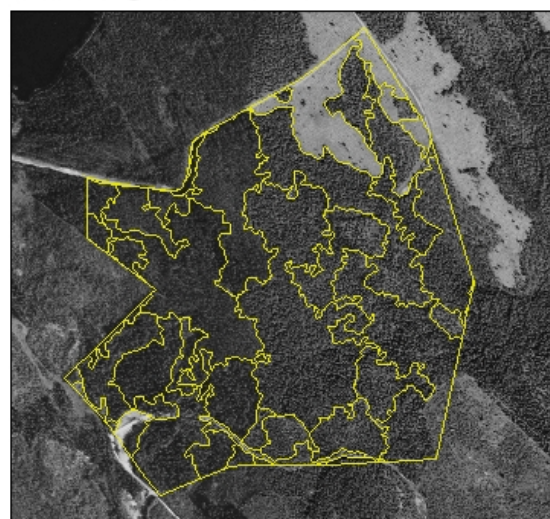
**Egen**



**Filter för utjämning**

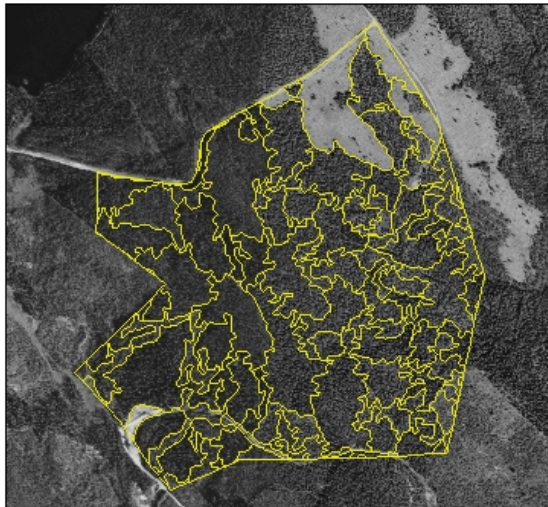


**Maximal grånivåskillnad**

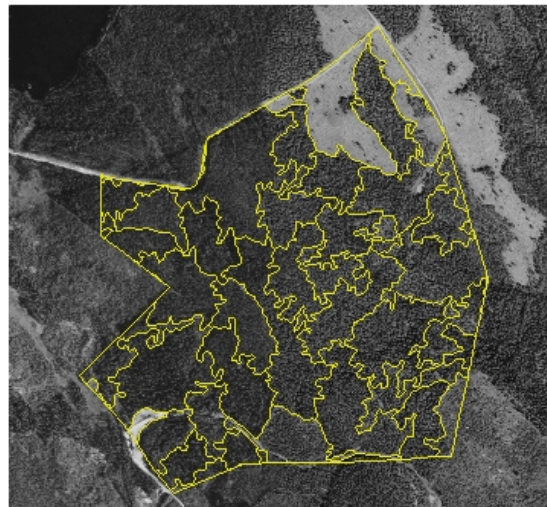




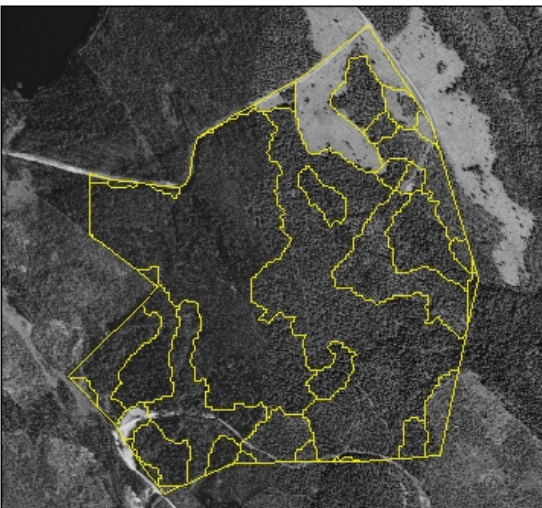
**Default**



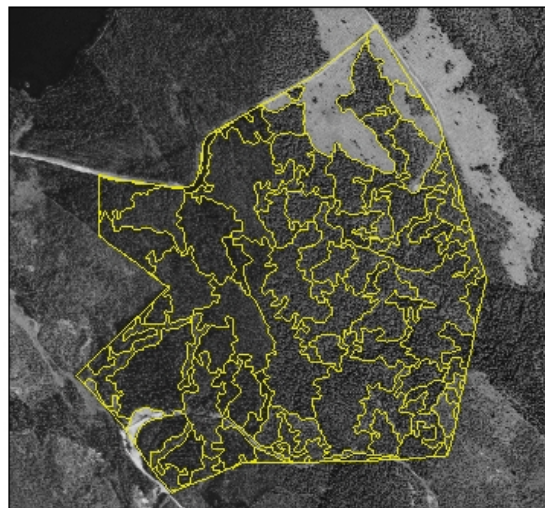
**Minsta segmentstorlek**



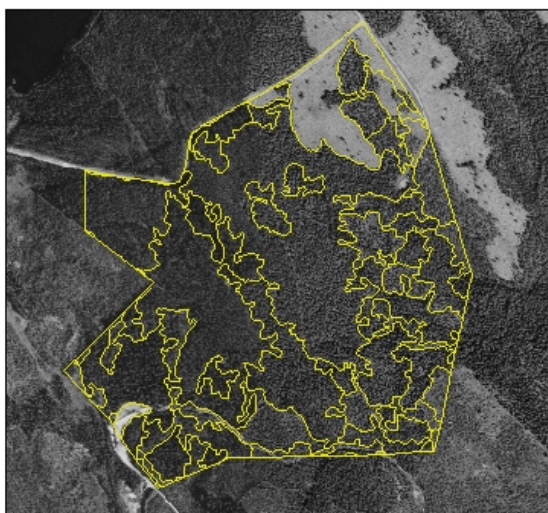
**Rasterupplösning**



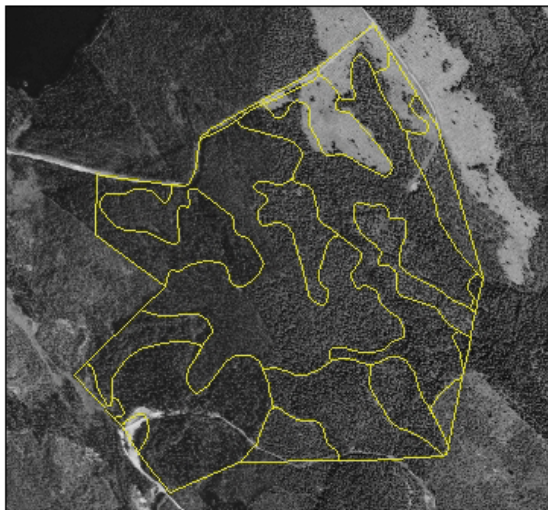
**Slutvärdet för sammanslagningsfaktorn**



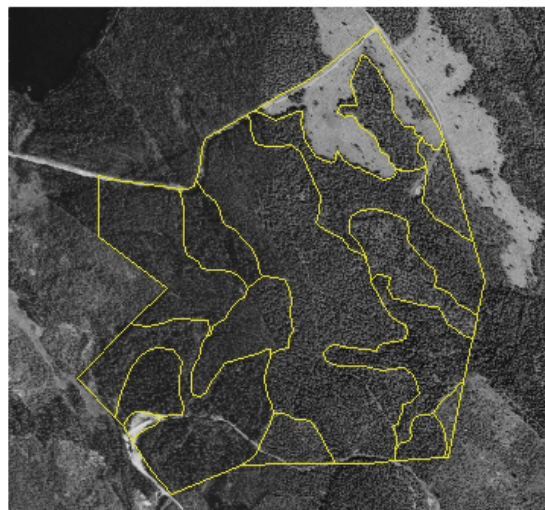
**Tröskelvärde för kantdetektion**



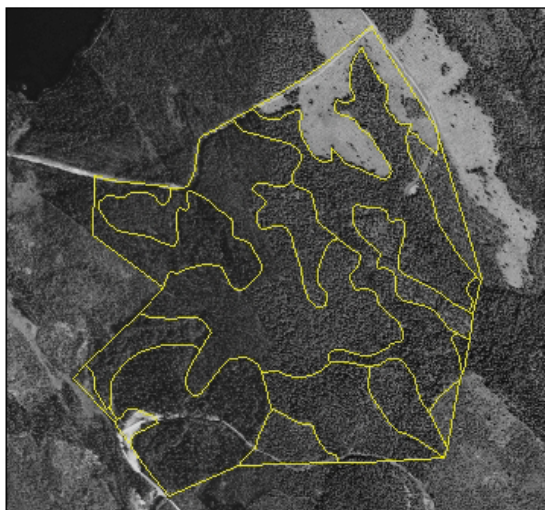
**Holmens indelning**



**Nyindelning**



**Ajour**





## Bilaga 3

**Tabell 5.** Avvikelsemått, SS, med medelhöjd som variabel

*Table 5. Jigger for the deviation, SS, with the average height as variable*

Variabel som testats: medelhöjd			Ursprungsparameter	Parameter ändrad till
De olika beståndsindelningarna	SS	Rang		
Procentuell minskning av sammanslagningsfaktorn	3946	2	5	15
Antal utjämnings	4179	3	7	10
Default	3866	1	-	-
Egen	5922	11	-	-
Egen2	6199	12	-	-
Filterstorlek för utjämn	4236	4	5	3
Max grånivåskilln sam.slagning	5831	9	20	90
Minimal segmentstorlek	5348	7	4000	10000
Rasterupplösning	5702	8	2	10
Slutvärde för samslagningsfakt	4328	5	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	4633	6	4	8
Holmenindelning	5869	10	-	-
Ajour	6447	14	-	-
Nyindelning	6406	13	-	-
Fyrkant1	8092	16	-	-
Fyrkant2	8007	15	-	-
Fyrkant3	8268	17	-	-

**Tabell 6.** Avvikelsemått, SS, med grundyta tall som variabel

*Table 6. Jigger for the deviation, SS, with the base area for pine as variable*

Variabel som testats, grundyta tall			Ursprungsparameter	Parameter ändrad till
De olika beståndsindelningarna	SS	Rang		
Procentuell minskning av sammanslagningsfaktorn	19840	2	5	15
Antal utjämnings	22042	7	7	10
Default	20580	3	-	-
Egen	28046	14	-	-
Egen2	29395	16	-	-
Filterstorlek för utjämnings	19454	1	5	3
Maximal grånivåskillnad vid sammanslagning	27621	13	20	90
Minimal segmentstorlek	26359	12	4000	10000
Rasterupplösning	32829	17	2	10
Slutvärde för sammanslagningsfaktorn	21229	5	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	28201	15	4	8
Holmenindelning	20874	4	-	-
Ajour	21457	6	-	-
Nyindelning	25081	10	-	-
Fyrkant1	24039	9	-	-
Fyrkant2	23541	8	-	-
Fyrkant3	25608	11	-	-

**Tabell 7.** Avvikelsemått, SS, med grundyta gran som variabel*Table 7. Jigger for the deviation, SS, with the base area for spruce as variable*

Variabel som testats, grundyta gran			Ursprungsparameter	Parameter ändrad till
De olika beståndsindelningarna	SS	Rang		
Procentuell minskning av sammanslagingsfaktorn	17383	3	5	15
Antal utjämningar	18602	4	7	10
Default	17249	1	-	-
Egen	24489	15	-	-
Egen2	24699	16	-	-
Filterstorlek för utjämning	17261	2	5	3
Maximal gränivåskillnad vid sammanslagning	23971	14	20	90
Minimal segmentstorlek	23183	11	4000	10000
Rasterupplösning	27321	17	2	10
Slutvärde för sammanslagingsfaktorn	20434	7	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	21798	9	4	8
Holmenindelning	19326	5	-	-
Ajour	20007	6	-	-
Nyindelning	21360	8	-	-
Fyrkant1	23105	10	-	-
Fyrkant2	23527	13	-	-
Fyrkant3	23196	12	-	-

**Tabell 8.** Avvikelsemått, SS, med grundyta löv som variabel*Table 8. Jigger for the deviation, SS, with the base area for leaf trees as variable*

Variabel som testats, grundyta löv			Ursprungsparameter	Parameter ändrad till
De olika beståndsindelningarna	SS	Rang		
Procentuell minskning av sammanslagingsfaktorn	6926	4	5	15
Antal utjämningar	7338	5	7	10
Default	6754	1	-	-
Egen	8465	10	-	-
Egen2	9320	17	-	-
Filterstorlek för utjämning	6838	3	5	3
Maximal gränivåskillnad vid sammanslagning	8155	7	20	90
Minimal segmentstorlek	9030	16	4000	10000
Rasterupplösning	8391	9	2	10
Slutvärde för sammanslagingsfaktorn	6795	2	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	7898	6	4	8
Holmenindelning	8554	12	-	-
Ajour	8294	8	-	-
Nyindelning	8795	14	-	-
Fyrkant1	8775	13	-	-
Fyrkant2	8470	11	-	-
Fyrkant3	8912	15	-	-



**Tabell 9.** Avvikelsemått, SS, med grundyta total som variabel

*Table 9. Jigger for the deviation, SS, with the total base area as variable*

Variabel som testats, grundyta total			Ursprungsparameter	Parameter ändrad till
De olika beståndsindelningarna	SS	Rang		
Procentuell minskning av sammanslagingsfaktorn	31686	2	5	15
Antal utjämningar	34569	4	7	10
Default	30920	1	-	-
Egen	48577	12	-	-
Egen2	46517	10	-	-
Filterstorlek för utjämning	34598	5	5	3
Maximal gränivåskillnad vid sammanslagning	45817	8	20	90
Minimal segmentstorlek	41692	7	4000	10000
Rasterupplösning	45920	9	2	10
Slutvärde för sammanslagingsfaktorn	33392	3	0,3	0,09
Tröskelvärde för kantdetektion	35506	6	4	8
Holmenindelning	47469	11	-	-
Ajour	50700	14	-	-
Nyindelning	48781	13	-	-
Fyrkant1	58259	16	-	-
Fyrkant2	56905	15	-	-
Fyrkant3	59241	17	-	-